BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2018

PHYSIQUE-CHIMIE

Jeudi 21 juin 2018

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **3 h 30** – COEFFICIENT : **6**

obligatoire

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 8 pages numérotées de 1 à 8 y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

EXERCICE I - VITAMINE C (4 points)



L'acide ascorbique, communément appelé vitamine C, est un antioxydant présent dans de nombreux fruits et légumes. Une carence prolongée en vitamine C provoque une maladie appelée scorbut. En pharmacie, il est possible de trouver l'acide ascorbique, sous forme de comprimés de vitamine C 500, chacun contenant 500 mg de vitamine C.

L'objectif de l'exercice est d'étudier une voie de synthèse industrielle de l'acide ascorbique puis de vérifier la valeur de la masse d'acide ascorbique contenue dans un comprimé.

Données :

- données de spectroscopie infrarouge :

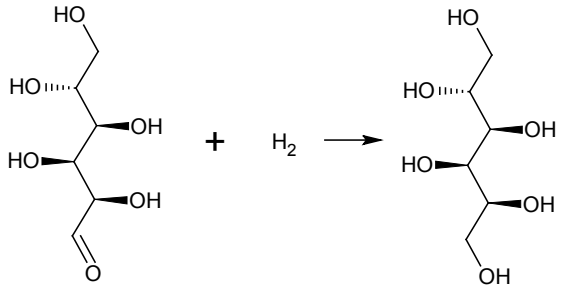
Liaison	Nombre d'onde (cm^{-1})	Caractéristiques de la bande d'absorption
O – H alcool	3200 - 3700	forte, large
O – H acide carboxylique	2500 - 3200	forte à moyenne, large
C – H	2800 - 3100	forte ou moyenne
C = O	1650 - 1740	forte

- masse molaire moléculaire de la vitamine C : M(acide ascorbique) = 176 $g.mol^{-1}$.

1. Synthèse industrielle de l'acide ascorbique

L'acide ascorbique est synthétisé industriellement à partir du D - Glucose. La synthèse selon le procédé Reichstein se déroule en plusieurs étapes ; un schéma réactionnel simplifié est décrit ci-dessous.

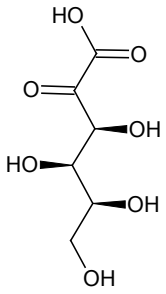
Étape 1 :



D - Glucose — D - Sorbitol

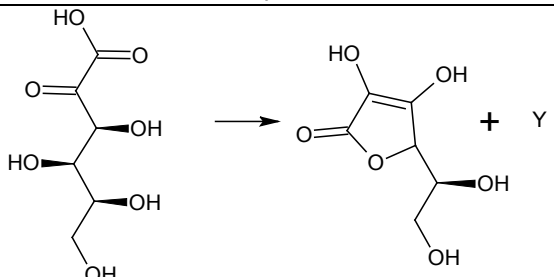
Étape 2 :

Une oxydation du D - Sorbitol produit le composé (E) de formule topologique :



Composé (E)

Étape 3 :



Composé (E) — Acide ascorbique $C_6H_8O_6$

1.1. Étape 1 de la synthèse.

1.1.1. Le passage du D - Glucose au D - Sorbitol correspond-il à une modification de chaîne ou de groupe caractéristique ?

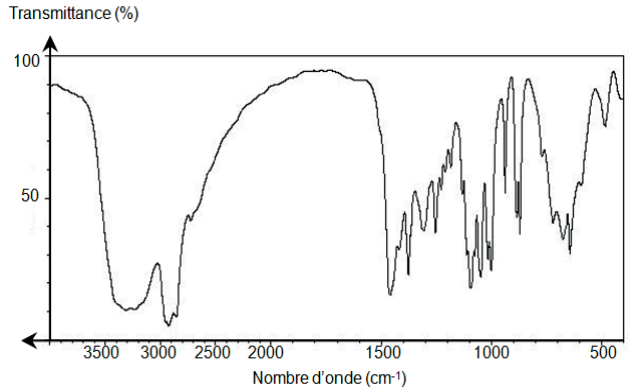
1.1.2. Donner le nom de la catégorie de réaction. Justifier.

1.2. Étape 3 de la synthèse.

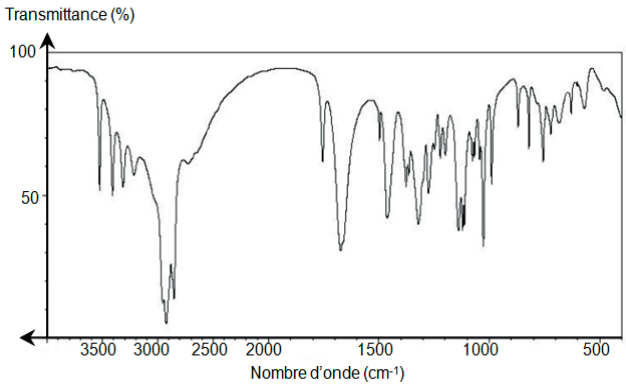
1.2.1. Écrire la formule brute du composé (E).

1.2.2. Identifier l'espèce chimique Y et la nommer.

1.3. Le déroulement de la synthèse peut être contrôlé par spectroscopie infrarouge. Attribuer les spectres A et B fournis ci-dessous au D - Sorbitol et à l'acide ascorbique. Justifier.



Spectre A



Spectre B

2. Titrage de l'acide ascorbique contenu dans un comprimé de vitamine C 500.

On souhaite vérifier l'indication « vitamine C 500 » figurant sur le tube de comprimés.

Pour cela, on dissout un comprimé de vitamine C dans de l'eau distillée afin d'obtenir 100,0 mL de solution S. On prélève un volume de 10,0 mL de cette solution S que l'on dose par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($Na^+(aq) + HO^-(aq)$) de concentration molaire égale à $2{,}00 \times 10^{-2}$ mol.L^{-1}. Le titrage est suivi par pH-métrie (figure 1).

L'équation de la réaction support du titrage est la suivante :

$$C_6H_8O_6\,(aq) + HO^-\,(aq) \rightarrow C_6H_7O_6^-\,(aq) + H_2O$$

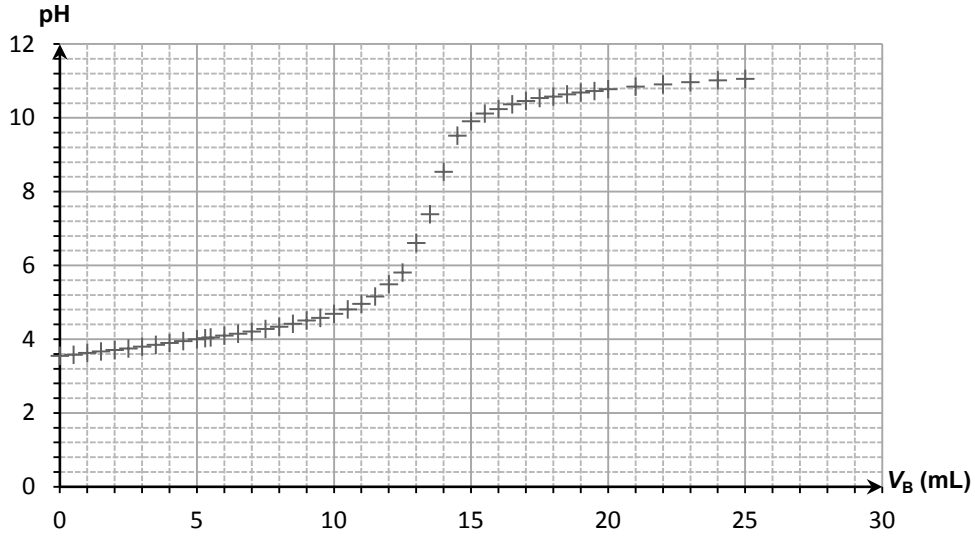


Figure 1. Titrage de l'acide ascorbique : évolution du pH en fonction du volume V_B de solution d'hydroxyde de sodium ajouté

2.1. Réaliser un schéma légendé du dispositif expérimental utilisé pour réaliser le titrage.

2.2. Justifier que la réaction support du titrage est une réaction acido-basique.

2.3. Déterminer la concentration molaire en acide ascorbique dans la solution S.

2.4. En déduire la masse *m* de vitamine C contenue dans un comprimé. Comparer la valeur obtenue à l'indication donnée par le fabricant. Proposer deux sources d'erreurs possibles, liées à la mise en œuvre du titrage, pouvant expliquer l'écart observé.

EXERCICE II - SERVICE ET RÉCEPTION AU VOLLEY-BALL (11 points)



Au volley-ball, le service smashé est le type de service pratiqué le plus fréquemment par les professionnels : le serveur doit se placer un peu après la limite du terrain, lancer très haut son ballon, effectuer une petite course d'élan puis sauter pour frapper la balle.

D'après : https://fr.wikipedia.org/wiki/Volley-ball

Après la course d'élan, le serveur saute de façon à frapper le ballon en un point B_0 situé à la hauteur h au-dessus de la ligne de fond de terrain. La hauteur h désigne alors l'altitude initiale du centre du ballon. Le vecteur vitesse initiale $\overrightarrow{v_0}$ du ballon est horizontal et perpendiculaire à la ligne de fond du terrain (voir figure 1.).
Le mouvement du ballon est étudié dans le référentiel terrestre supposé galiléen muni du repère (Ox, Oy) et l'instant de la frappe est choisi comme origine des temps : t = 0 s.
Le mouvement a lieu dans le plan (Oxy).

Source : FIVB 2012

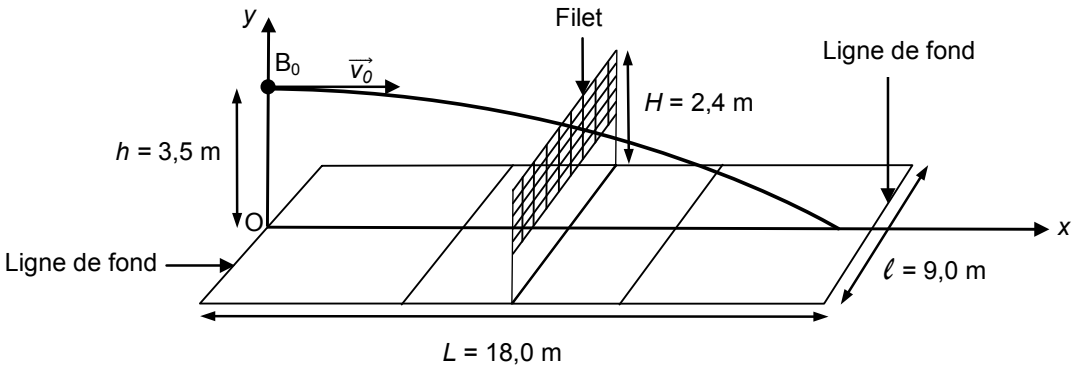
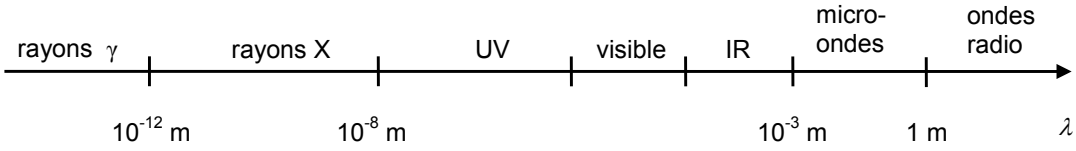


Figure 1. Dimensions du terrain de volley-ball et allure de la trajectoire du ballon.

Le but de cet exercice est de déterminer la valeur de la vitesse initiale du ballon, de vérifier la validité du service et d'étudier la réception du service par un joueur de l'équipe adverse. Pour cela, on étudie le mouvement du centre du ballon sans tenir compte de l'action de l'air, de la rotation du ballon sur lui-même et de ses déformations.

Données :

- le ballon de volley-ball a une masse m = 260 g et un rayon r = 10 cm ;
- intensité du champ de pesanteur : g = 9,81 m.s^{-2} ;
- la valeur de la célérité c de la lumière dans le vide ou dans l'air est supposée connue du candidat ;
- domaines des ondes électromagnétiques en fonction de la longueur d'onde λ :



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

1. Mesure de la vitesse initiale du ballon

Afin d'évaluer les performances du serveur, on mesure la valeur de la vitesse initiale v_0 du ballon grâce à un radar portatif (voir figure 2.), que l'on pointe en direction de la position de frappe B_0.

Le manuel du radar portatif indique que celui-ci envoie des ondes électromagnétiques haute fréquence ($3{,}47 \times 10^{10}$ Hz) et mesure la différence de fréquence entre l'onde émise et l'onde réfléchie sur un objet en mouvement.



Figure 2. Radar portatif utilisé lors de la mesure de la vitesse (indiquée en $km.h^{-1}$).

1.1. Identifier le domaine des ondes électromagnétiques émises par ce radar portatif. Justifier par un calcul.

1.2. Nommer le phénomène à l'origine de la différence de fréquence entre les ondes émise et reçue par le radar portatif.

1.3. Le radar portatif est positionné face au serveur et vise le ballon. La fréquence de l'onde reçue est-elle inférieure ou supérieure à celle de l'onde émise ? Justifier.

1.4. Dans les mêmes conditions de mesure que pour la question 1.3, le décalage Δf entre la fréquence $f_{émise}$ de l'onde émise et la fréquence $f_{reçue}$ de l'onde reçue vérifie la relation :

$$|\Delta f| = |f_{reçue} - f_{émise}| = \frac{2v_0 \cdot f_{émise}}{c}$$

Le décalage $|\Delta f|$ mesuré par le radar portatif est de 4,86 kHz.

En déduire la valeur de la vitesse du ballon. Vérifier l'accord avec l'indication de l'écran du radar portatif de la figure 2.

2. Validité du service

Le service est effectué depuis le point B_0 à la vitesse $v_0 = 21{,}0$ $m.s^{-1}$. Le service sera considéré comme valide à condition que le ballon franchisse le filet sans le toucher et qu'il retombe dans le terrain adverse.

2.1. Montrer que, si on néglige l'action de l'air, les coordonnées du vecteur accélération du centre du ballon après la frappe sont :

$$a_x(t) = 0 \quad \text{et} \quad a_y(t) = -g$$

2.2. Établir que les équations horaires du mouvement du centre du ballon s'écrivent :

$$x(t) = v_0 t \qquad \text{et} \qquad y(t) = -\frac{gt^2}{2} + h$$

En déduire que l'équation de la trajectoire reliant x et y s'écrit :

$$y(x) = -\frac{g}{2v_0^2}x^2 + h$$

2.3. En admettant que le ballon franchisse le filet, vérifier qu'il touche le sol avant la ligne de fond.

2.4. Afin de déterminer la vitesse du ballon au moment où il touche le sol, on effectue une étude énergétique. L'origine de l'énergie potentielle de pesanteur est choisie de la manière suivante : $E_{pp} = 0$ J pour $y = 0$ m.

2.4.1. Rappeler les expressions littérales des énergies cinétique E_c, potentielle de pesanteur E_{pp} et mécanique E_m du ballon en un point quelconque de la trajectoire.

2.4.2. Le graphe de la figure 3 représente l'évolution en fonction du temps des trois énergies précédentes. Associer chaque courbe 1, 2, 3 à l'une des trois énergies E_m, E_{pp}, E_c. Justifier.

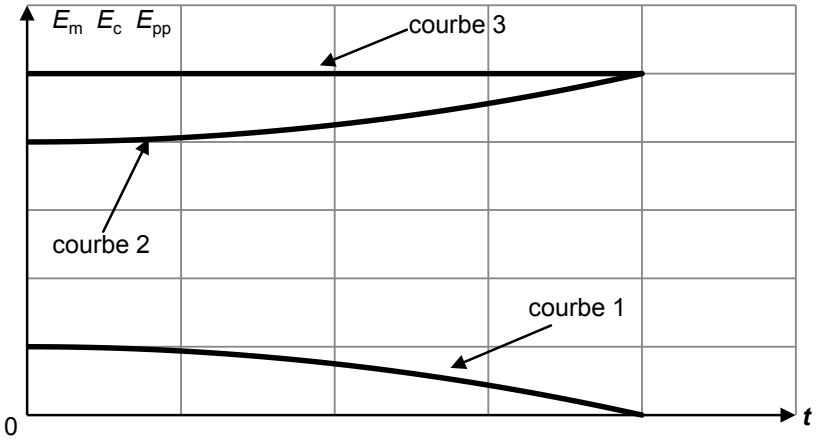


Figure 3. Allure de l'évolution des énergies du ballon au cours du temps.

2.4.3. À l'aide de l'étude énergétique précédente, déterminer la valeur de la vitesse du centre du ballon v_{sol} lorsque le ballon touche le sol.

2.5. En réalité, la vitesse v_{sol} avec laquelle le ballon atteint le sol est plus faible que celle déterminée à la question 2.4.3. Proposer une explication.

3. Réception du ballon par un joueur de l'équipe adverse

Au moment où le serveur frappe le ballon ($t = 0$ s), un joueur de l'équipe adverse est placé au niveau de la ligne de fond de son terrain. Il débute sa course vers l'avant pour réceptionner le ballon en réalisant une « manchette » comme le montre la figure 4.
Le contact entre le ballon et le joueur se fait au point R situé à une hauteur de 80 cm au-dessus du sol.



Figure 4. Réception du ballon.

D'après : http://lesportdauphinois.com

On admet que les équations horaires du mouvement du ballon établies à la question 2.2. restent valables. Évaluer la vitesse moyenne minimale du déplacement de ce joueur pour qu'il réalise la réception dans la position photographiée ci-dessus. Ce résultat semble-t-il réaliste ?

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie est évaluée et nécessite donc d'être correctement présentée.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 6 / 8
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

EXERCICE III - CRÈME ANESTHÉSIANTE (5 points)

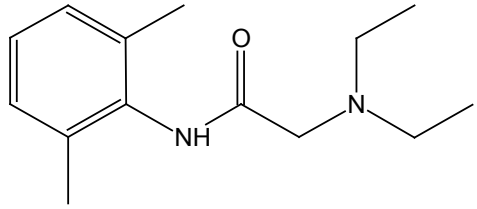
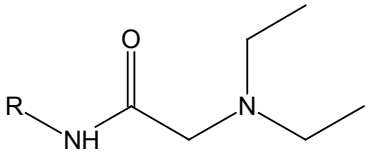
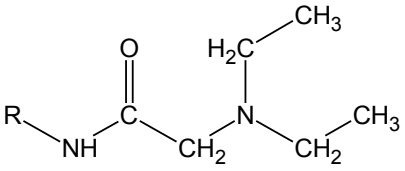
Certains actes médicaux sont douloureux ; le confort du patient peut être amélioré par une anesthésie locale.

L'objectif de cet exercice est d'étudier la synthèse d'un anesthésiant, la lidocaïne, et quelques caractéristiques d'une crème anesthésiante contenant ce principe actif.

Données :

- masse molaire moléculaire de la lidocaïne : 234,3 $g.mol^{-1}$;
- le rendement usuel de la synthèse de la lidocaïne est supérieur à 70 % ;
- masse volumique de la crème anesthésiante : ρ_c = 1,0 $g.cm^{-3}$.

1. Étude de la molécule de lidocaïne

Formules topologiques de la lidocaïne	Formule semi-développée simplifiée de la lidocaïne
Formule topologique complète (formule 1)  Formule topologique simplifiée (formule 2)  R est un groupement d'atomes	(formule 3)  R est un groupement d'atomes

1.1. Recopier, sur la copie, la formule topologique simplifiée de la molécule de lidocaïne (formule 2), entourer les groupes caractéristiques et nommer les familles chimiques correspondantes.

Le tableau ci-dessous résume certaines informations contenues dans le spectre de RMN du proton de la lidocaïne. Les protons du groupement d'atomes R ne sont pas pris en compte.

Déplacement chimique	Multiplicité des signaux
δ = 1,1 ppm	triplet
δ = 2,7 ppm	quadruplet
δ = 3,2 ppm	singulet
δ = 8,9 ppm	singulet

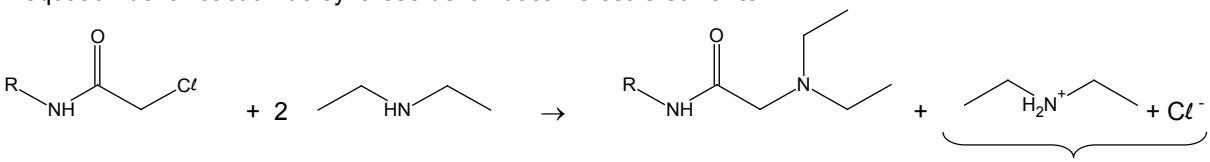
D'après : National Institute of Advance Industrial Science and Technology – http://sdbs.db.aist.go.jp

1.2. Recopier, sur la copie, la formule semi-développée simplifiée de la molécule de lidocaïne (formule 3). Identifier sur cette formule le(s) groupe(s) de protons équivalents correspondant au quadruplet situé à 2,7 ppm et ceux correspondant au triplet situé à 1,1 ppm sur le spectre de RMN. Justifier.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 8
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

2. Synthèse de la lidocaïne

L'équation de la réaction de synthèse de la lidocaïne est la suivante :



A — diéthylamine — lidocaïne (L) — chlorure de diéthylammonium

Protocole expérimental de la synthèse :

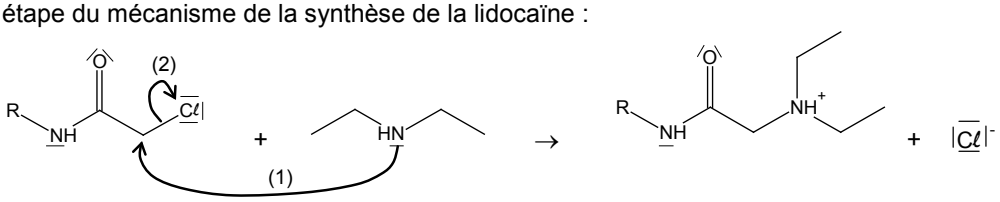
- Étape 1 : introduire 6,0 g ($3{,}0 \times 10^{-2}$ mol) de N-(2,6-diméthylphényl)chloroacétamide, noté A, dans un ballon de 250 mL. Ajouter 60 mL de toluène (solvant) et 15 mL ($1{,}5 \times 10^{-1}$ mol) de diéthylamine puis chauffer à reflux sous agitation pendant 1 h 30 min.
- Étape 2 : après élimination de la diéthylamine restante et du chlorure de diéthylammonium formé du mélange réactionnel, traiter le milieu restant par ajout de 30 mL d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique concentré. À l'aide d'une ampoule à décanter, récupérer la phase aqueuse qui renferme la forme acide associée à la lidocaïne synthétisée.
- Étape 3 : faire précipiter la lidocaïne à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium.
- Étape 4 : après filtration et séchage, on obtient une masse de lidocaïne m_L = 5,6 g.

2.1. Mise en œuvre du protocole expérimental

2.1.1. Indiquer l'intérêt du chauffage à reflux utilisé dans l'étape 1.
2.1.2. Vérifier que le réactif A est le réactif limitant du protocole mis en œuvre.
2.1.3. Déterminer la valeur du rendement de la synthèse effectuée. Commenter.

2.2. Mécanisme réactionnel de la synthèse

Première étape du mécanisme de la synthèse de la lidocaïne :



2.2.1. Que représentent les flèches courbes figurant sur cette première étape du mécanisme ?
2.2.2. Identifier le site accepteur et le site donneur associés à la flèche (1).

3. Étude d'une crème anesthésiante

La crème étudiée contient 2,5 % en masse de lidocaïne.

Lorsque la crème est appliquée sur la peau, les principes actifs diffusent à travers les couches de la peau avant d'atteindre des terminaisons nerveuses. On admet qu'une quantité de 10^{-7} mol de lidocaïne par cm^2 de peau est suffisante pour l'anesthésie. L'épaisseur de crème généralement appliquée sur la peau est de l'ordre de 1 mm.

3.1. Vérifier que la quantité de matière de lidocaïne dans la crème étudiée est égale à $1{,}1 \times 10^{-4}$ mol par centimètre cube de crème.
3.2. Montrer qu'une épaisseur de 0,1 mm de crème anesthésiante sur une zone de 1 cm^2 de peau est suffisante pour anesthésier cette zone.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 8 / 8
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer